

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES .
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT OF GALLIUM NITRIDE COMPOUND

Patent Number: JP6237012
Publication date: 1994-08-23
Inventor(s): NAKAMURA SHUJI; others: 01
Applicant(s): NICHIA CHEM IND LTD
Requested Patent: ☐ JP6237012
Application Number: JP19930045983 19930210
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L33/00; H01S3/18
EC Classification:
Equivalents: JP7083136B

Abstract

PURPOSE: To increase the light emitting output power of a blue light emitting element by emitting the light from the vicinity of the periphery of a p-type electrode stronger than the other part.

CONSTITUTION: At least an n-type gallium-nitride-based compound semiconductor layer and a p-type gallium-nitride-based compound semiconductor layer, wherein P p-type dopant is doped and the resistivity is made to be 1,000 Ω .cm or less, are provided on a substrate. An n-type electrode 6 and a p-type electrode 5, which undergo annealing and are electrically connected, are formed on the n-type gallium-nitride-based compound semiconductor layer and the p-type gallium-nitride-based compound semiconductor layer, wherein p-type dopant is doped. A current is conducted through the n-type electrode 6 and the p-type electrode 5, and the vicinity of the periphery of the p-type electrode emits the light stronger than the other part. Thus, the light emitting output power of the blue light emitting element can be increased.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開 号

特開平6-237012

(43)公開日 平成6年(1994)8月23日

(51)IntCl⁴

H01L 33/00

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

A 7376-4M

審査請求 有 請求項の数 1 FD (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-45983

(22)出願日 平成5年(1993)2月10日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

(72)発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 豊橋 康弘

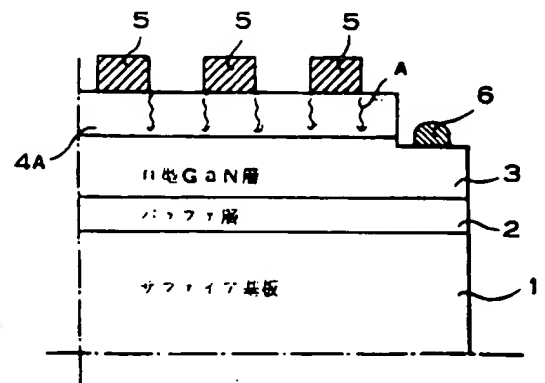
(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

(修正有)

【目的】 順方向電圧を低くして発光部分を集中する。

【構成】 基板の上に、n型窒化ガリウム系化合物半導体層と、p型ドーパントをドーピングして抵抗率を1000Ω・cm以下に調整したp型窒化ガリウム系化合物半導体層4Aとを有する。n型窒化ガリウム系化合物半導体層とp型ドーパントをドーピングしたp型窒化ガリウム系化合物半導体層とは、アニーリング処理して電氣的に接続されたn型電極6およびp型電極5を形成している。電極に通電してp型電極の周縁近傍を他の部分よりも強く発光させる。



R009846

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の上に、少なくともn型窒化ガリウム系化合物半導体層と、p型ドーパントをドーブして抵抗率を $1000\Omega\cdot\text{cm}$ 以下に調整したp型窒化ガリウム系化合物半導体層とを有し、前記n型窒化ガリウム系化合物半導体層と前記p型ドーパントをドーブしたp型窒化ガリウム系化合物半導体層とは、それぞれ、アニーリング処理して電氣的に接続されたn型電極およびp型電極が形成されており、n型電極とp型電極とに通電することにより、前記p型電極の周縁近傍を他の部分よりも強く発光させるように構成したことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、主として、青色発光ダイオード、青色発光レーザーダイオード等の発光デバイスに使用される窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 青色発光ダイオード、青色レーザーダイオード等を使用される実用的な半導体材料として、窒化ガリウム(GaN)、窒化インジウムガリウム(InGaN)、窒化ガリウムアルミニウム(GaAlN)、窒化インジウムアルミニウムガリウム(InAlGaIn)等の窒化ガリウム系化合物半導体が注目されている。

【0003】 例えば、GaNを用いた青色発光素子はMIS(Metal-Insulator-Semiconductor)構造のものがよく知られており、この構造を図1の断面図、および図2の平面図を用いて説明する。これは基本的に、透光性基板であるサファイア基板1の上に、AlNよりなるバッファ層2と、n型GaN層3と、p型ドーパントをドーブしたGaN層4よりなる構造を有している。p型ドーパントをドーブしたGaN層4は、低抵抗の半導体ではなく、実際は抵抗率が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗な半導体(i型)となっている。

【0004】 さらにn型GaN層3には、例えばAl、Inよりなるn型電極6(本明細書では、n型窒化ガリウム系化合物半導体に形成される電極を全てn型電極という。)が形成されている。一方、p型ドーパントをドーブしたi型GaN層4にも、例えばAu、Inよりなるp型電極5(同じく、本明細書では、p型ドーパントがドーブされた窒化ガリウム系化合物半導体に形成される電極を全てp型電極という。)が形成されている。p型電極を接続する層は、正確にはp型でなくi型のGaN層4である。ただ、このi型GaN層4は、p型ドーパントをドーブしたGaN層4であるので、ここに接続する電極はp型電極という。

【0005】 この構造の青色発光素子は、図2の平面図に示すように、p型電極5をi型GaN層4の全面に形成することにより電界を均一に広げ、p型GaN層4を

2

全面発光させて、光をサファイア基板側1から取り出す構造としている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 この構造の発光ダイオードは、i型GaN層4を発光層とし、この発光層にp型電極5を形成している。ところがこの構造の発光ダイオードは、順方向電圧が高く、しかも発光出力が低い欠点がある。順方向電圧が高いのは、i型GaN層4がほぼ絶縁体だからである。このような高抵抗なi型窒化ガリウム系化合物半導体を有する発光素子は、順方向電圧が高く、発光出力は極めて悪い。

【0007】 従って、本発明は、従来の青色発光素子の発光出力を増大させるという難しい問題を解決することを目的に開発されたものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明者は従来技術では想像もできないような特異な発光状態によって、上記問題が解決できることを見いだした。即ち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は下記の構成を備える。それは、基板の上に、少なくともn型窒化ガリウム系化合物半導体層と、p型ドーパントがドーブして抵抗率を $1000\Omega\cdot\text{cm}$ 以下としたp型窒化ガリウム系化合物半導体層とを有し、前記n型窒化ガリウム系化合物半導体層と前記p型ドーパントがドーブされたp型窒化ガリウム系化合物半導体層とは、アニーリング処理して電氣的に接続したn型電極、およびp型電極が形成されており、n型電極とp型電極とに通電することにより、p型電極の周縁近傍を他の部分よりも強く発光させるように構成したことを特徴とする。

【0009】 以下、本発明の発光素子を図3を照して説明する。この発光素子は、p型ドーパントをドーブしたp型GaN層4Aに、オーミックコンタクトさせる目的で、アニーリングしたp型電極5を接続している。アニーリングしてp型GaN層4Aに電氣的に接続されたp型電極6は、その周縁部において、p型GaN層4との接触抵抗が小さくなっている。それは、アニーリングするときに、p型GaN層4Aに含まれる水素が除去されてp型GaN層4Aの抵抗が減少するからである。この状態でp型GaN層4Aに接続されたp型電極6に通電すると、電流がp型電極5の周縁部に集中して流れ、p型電極5の周縁近傍を他の部分よりも強く発光させる。即ち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、図1のi型層GaN層4を均一に発光させる従来の通説とは逆に、p型GaN層4Aと接触抵抗の小さいp型電極5の周縁近傍で局部的に強く発光させることによって、総合的な発光出力を著しく増大させるのである。以上、図3のホモ接合LEDについて説明したが、例えばダブルヘテロ構造LEDの場合も同様に、p型電極の周縁近傍で強く発光させることができる。

【0010】 p型電極5、およびn型電極6には、例え

3

ばAu、Al、In、Ni、Pt、Cr、Tiまたはこれらの金属の合金を使用することができる。p型電極5の形状はドット、ストライプ、碁盤格子状等任意の形状で形成することができ、また図4に示すように、互いに独立してp型電極5を形成した後、これらの電極を電気的に接続するために、導電性材料8でオーバーコートすることもできる。

【0011】

【作用】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p型GaN層4A上のp型電極5の周縁近傍に電流が集中して流れるようにして、この部分の発光出力を大きくできる。例えば、図3に示すように、p型電極5を設けた発光素子は、電極5周縁近傍のp型GaN層4Aと、電極が形成されないp型GaN層4Aとの電気抵抗を変化させることによって電流の流れ方を調整できる。つまり、p型電極5の近傍のp型GaN層4Aの電気抵抗を大きくし、p型電極5が形成されないp型GaN層4Aの電気抵抗を小さくすると、p型電極5の周縁に電流が集中して流れるようになる。それは、p型電極5の周縁の方が接触抵抗が小さいので、電流はp型電極5の周縁に集中して流れるようになるからである。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。但し、以下に示す実施例は本発明の技術思想を具体化するための発光素子を例示するものであって、本発明の発光素子は、構成部品の化学組成、全体の構造や配置等を下記のものに特定するものではない。本発明の発光素子は特許請求の範囲の要旨に含まれる範囲で変更することができる。

【0013】図3に示す窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、透光性基板であるサファイア基板1のC面に、MOCVD装置を用いて、GaNバッファ層2を200オングストロームの膜厚で成長させている。GaNバッファ層2の上にSiをドーブしたn型GaN層3を4μmの膜厚で成長させている。さらにn型GaN層の上に、Mgをドーブしたp型GaN層4Aを設け、p型GaN層4Aの上にはp型電極5をn型GaN層の上にはn型電極6を設けている。

【0014】図3に示す発光素子は、p型GaN層4Aと、n型GaN層3の上にそれぞれp型電極5と、n型電極6を設けている。電極5、6は下記のようにして形成される。

- ① p型GaN層4Aの上にフォトリソで所定のパターンを作成する。
- ② p型GaN層4Aの一部をn型GaN層3が露出するまでエッチングする。
- ③ エッチング終了後レジストを剥離し、再度フォトリソで電極5、6のパターンを作成する。
- ④ n型GaN層3にはAlを蒸着し、p型GaN層4AにはNiを蒸着して、それぞれn型電極6、p型電極

4

5とする。なおp型電極は幅30μmのストライプとし、ストライプ間隔も10μmとして1チップに15本設ける。両電極形成後、700℃でウエハーをアニーリングする。

⑤ p型GaN層4Aに設けたストライプ状のp型電極5を電気的に接続するために、図4に示すように、p型電極5の上にAu、In等の導電性材料8を蒸着する。

【0015】図3に示す発光素子は、p型電極5を形成されたp型GaN層4Aと、形成されないp型GaN層4Aとの電気抵抗をアニーリングにより変化させて調整する。この結果、p型電極5を形成した下部のp型GaN層4Aの電気抵抗を、形成されないp型GaN層4Aに比較して大きくしている。この構造の発光素子は、p型電極5が形成された下部のp型GaN層は抵抗が大きいので電流が流れにくく、p型電極5の周縁下部のp型GaN層4Aの抵抗は小さいので、電流が流れやすい。したがってp型電極5の周縁部に集中して電流が流れ、この部分の発光出力を大きくすることができる。

【0016】本発明の発光素子は、p型電極5を形成した下部のp型GaN層4Aの抵抗を大きくし、形成しないp型GaN層4Aの抵抗を小さくする方法を特定しないが、p型GaN層4Aにp型電極5を形成した後、p型電極5が形成されないp型GaN層中に含まれる水素を除去することでこの状態を実現できる。p型GaN層4Aの電気抵抗は、p型GaN層4A中に含まれる水素によって高くなっている。GaN層を成長させる時に、GaN層に水素が含まれる。GaN層を成長させる時に水素を完全に除くことは極めて難しい。それはGaN層成長時に窒素源としてアンモニア等の水素と窒素を含む化合物ガスを使用し、このアンモニアが成長時に分解して、原子状水素ができ、この水素原子がどうしてもアクセプターとしてドーパされているp型ドーパント（例えば、Mg、Zn）と結合して、p型ドーパントを不活性化してしまうためである。したがって原子状水素がp型GaN層中に入ると、水素はアクセプタードーパントを不活性化して、p型GaNを高抵抗化してしまう。

【0017】p型GaN層4A中の水素は、例えば400℃以上でアニーリングすることにより除去できる。つまり、GaN層中で、M-Hの状態では結合しているp型ドーパント（M）と水素（H）から、水素のみが出ていくことによりアクセプタードーパントが活性化し正孔ができる。正孔の発生はp型GaN層4Aの抵抗をさらに低下させる。p型GaN層4Aにp型電極5を形成した状態で、例えば、700℃でアニーリングを行うと、p型電極5の真下の部分からは水素が結晶中から出ることができず、p型電極5の下に残ったままとなる。したがって、p型電極5を形成してアニーリングすることによって、p型電極5が形成されたp型GaN層4Aの抵抗を大きく、形成されない部分の抵抗を小さくできる。つまり、p型GaN層4Aの電気抵抗の分布を調整するこ

5

とができる。アニーリングを行う場合、水素を含まない雰囲気中で行うことが望ましく、アンモニア、ヒドラジン等の水素を含む雰囲気中で行うと、p型Ga_{0.4}N層に再吸蔵される恐れがある。

【0018】以上のようにして得られた発光素子は、通電すると、図3の矢印Aで示すp型電極5の周縁部分で電流が多く流れる。それは、p型電極5を形成した下部のp型Ga_{0.4}N層4Aの抵抗が大きく、形成されない部分の抵抗が小さいからである。従って、矢印Aで示すp型電極5の周縁部に集中して電流が流れ、この部分が高い発光出力で発光する。

【0019】最後にウエハーを1×0.8mm角のチップ状にカットして発光ダイオードに組み込んで発光させると順方向電流20mAにおいて、順方向電圧5Vで430nmの発光を示し、発光出力は10μWであった。

【0020】図5は異なる構造のp型窒化ガリウム系化合物半導体の発光素子を示している。この発光素子も、MOCVD装置を用いて、サファイア基板1のC面にGa_{0.4}Nバッファ層を200オングストロームの膜厚で成長させている。Ga_{0.4}Nバッファ層2の上に、Siをドーブしたn型Ga_{0.4}N層3を4μmの膜厚で成長させ、さらにn型Ga_{0.4}N層3の上に、p型またはn型のInGa_{0.4}N層9を100オングストロームの膜厚で成長させ、このInGa_{0.4}N層9の上にMgをドーブしたp型Ga_{0.4}N層4Aを設け、n型Ga_{0.4}N層3とp型Ga_{0.4}N層4Aの上にn型電極6とp型電極5とを形成している。

【0021】この構造の発光素子においても、p型電極5が形成された部分のp型Ga_{0.4}N層4Aの抵抗を、形成されない部分よりも大きくしている。この構造の発光素子はp型電極5とn型電極6に通電すると、InGa_{0.4}N層9が発光し、p型電極周縁近傍のInGa_{0.4}N層9の強い発光をサファイア基板側から観測できる。同じくこの発光素子を発光ダイオードとしたところ、順方向電圧20mAにおいて、順方向電圧5Vで420nmの発光を示し、発光出力は300μWであった。

【0022】図3と図5に示す発光素子は、p型Ga_{0.4}N層4Aの上に、図6に示すようにストライプ状のp型電極5を設けている。p型電極5は図7ないし図9に示すように形成することもできる。図7に示すp型電極5は基盤格子状に、図8に示すp型電極5は点状に、図9に示すp型電極5は同心円の線状に形成されている。つまり、p型電極5の形状は特に問うものではなく、その周縁の長さが長ければ長いほど、発光面積が大きくなり、発光効率を増大させることができる。

【0023】

【発明の効果】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p型窒化ガリウム系化合物半導体層に形成し

6

たp型電極の周縁近傍を、他の部分よりも高い出力で発光させることによって、従来品を卓越する発光出力とすることができる。ちなみに本発明の実施例に係る図3に示す発光素子を使用した発光ダイオードは、順方向電圧4V、順方向電流20mAにおいて、発光出力は10μWとなった。さらに図5に示す本発明の実施例に係るダブルヘテロ構造の発光素子を使用した発光ダイオードは、同条件において発光出力が300μWと飛躍的に向上した。なお、図1に示す従来のMIS構造の発光素子を使用した発光ダイオードは順方向電圧15V、順方向電流10mAにおいて、発光出力は1μWでしかなく、また順方向電流を20mA流すと熱破壊して発光しなくなった。これは、i型Ga_{0.4}N層の抵抗率が106Ω・cm以上と極めて高いために、電流を増加させるとジュール熱が急激に増加して発光素子の温度が高くなるからである。

【0024】以上説明したように、本発明の発光素子は、p型電極の周縁部を強く発光させるので、例えば、細い線状のp型電極を長く設けることにより、あるいは、点状のp型電極を多く設けるとによって、p型層の低抵抗部分を長くして発光出力を増大させることができる。また、p型電極の周縁近傍で発光させるので、点状のp型電極として光を局部に集中することができ、また、線状のp型電極とすることによって線状に発光部分を集中することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の発光素子の一例を示す断面図。

【図2】 図1に示す発光素子の平面図。

【図3】 本発明の一実施例を示す発光素子の断面図。

【図4】 図3に示すp型電極の上に導電性材料をオーバークートした状態を示す断面図。

【図5】 本発明の他の実施例に係る発光素子の断面図。

【図6】 p型電極の形状の他の具体例を示す平面図。

【図7】 p型電極の形状の他の具体例を示す平面図。

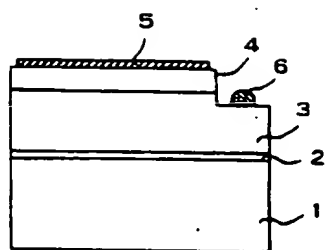
【図8】 p型電極の形状の他の具体例を示す平面図。

【図9】 p型電極の形状の他の具体例を示す平面図。

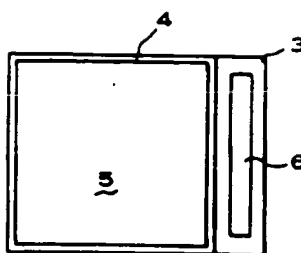
【符号の説明】

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1.....サファイア基板 | 2.....パッ |
| 7.....フア層 | |
| 3.....n型Ga _{0.4} N層 | 4.....i型Ga _{0.4} N層 |
| 4A.....p型Ga _{0.4} N層 | |
| 5.....p型電極 | 6.....n型電極 |
| 8.....導電性材料 | 9.....InGa _{0.4} N層 |

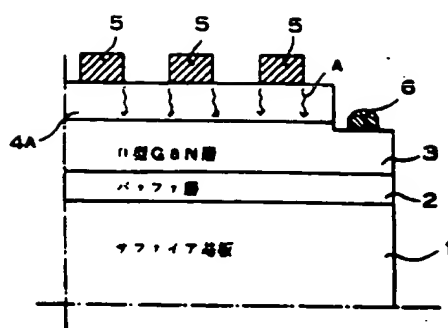
〔図1〕



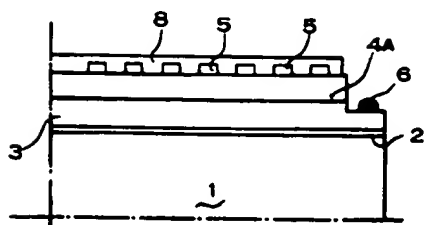
〔図2〕



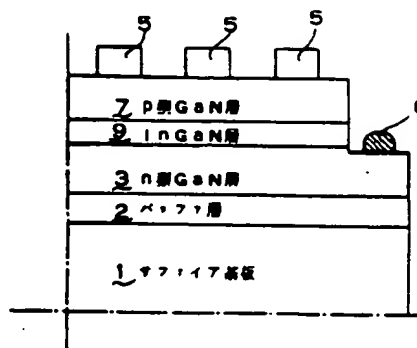
〔図3〕



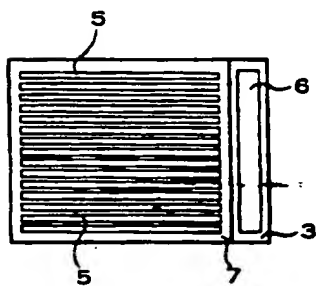
〔図4〕



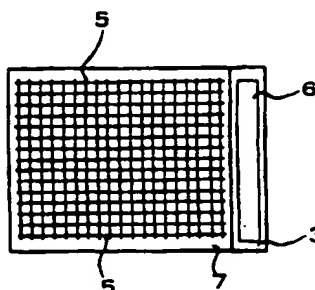
〔図5〕



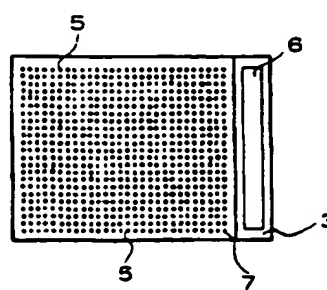
〔図6〕



〔図7〕



〔図8〕



〔図9〕

